

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2013/2014 Academic Session

June 2014

**EEE 354 – DIGITAL CONTROL SYSTEMS**  
**[SISTEM KAWALAN DIGIT]**

Duration : 3 hours  
Masa : 3 jam

---

Please check that this examination paper consists of **NINE (9)** pages and Appendix **ONE (1)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** muka surat dan Lampiran **SATU (1)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini]*

**Instructions:** This question paper consists **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

**[Arahan:** Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru]*

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

**[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai]**

1. A causal system has a difference equation as given below.

*Suatu sistem kausal mempunyai persamaan kebezaan seperti berikut:*

$$2y[k + 2] - 10y[k + 1] + 12y[k] = 6x[k + 1] + 10x[k]$$

The input to the system is a unit step function and  $y(kT)$  is causal. By using the z-transform method, obtain  $y(k)$  for  $0 \leq k \leq 5$ .

*Masukan kepada sistem adalah fungsi unit langkah dan  $(y_kT)$  adalah kausal. Dengan menggunakan kaedah jelmaan z, dapatkan  $y(k)$  untuk  $0 \leq k \leq 5$ .*

Confirm your results by using another different method. State any assumptions made.

*Sahkan keputusan anda dengan menggunakan satu kaedah yang lain. Nyatakan sebarang andaian yang dibuat.*

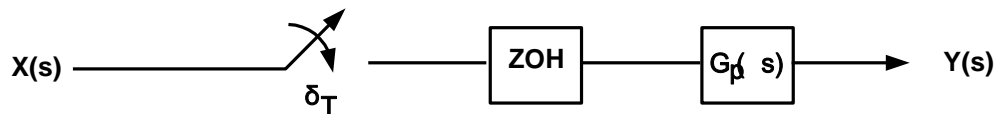
Validate that the final value theorem holds for this difference equation.

*Tentusahkan bahawa teori nilai akhir dipenuhi bagi persamaan kebezaan ini.*

(100 marks/markah)

2. An open loop control system is represented by the block diagram in Figure 2.

*Suatu sistem gelung terbuka digambarkan oleh gambarajah blok seperti di Rajah 2.*



$$G_p(s) = \frac{1}{s + 0.2}$$

Figure 2  
Rajah 2

The system has been subjected to **two** (2) different inputs at one time; producing two different system responses at the sampling interval. By choosing any two possible inputs to the system and clearly stating any assumptions made, obtain the two different system responses.

*Sistem tersebut telah dikenakan dua (2) masukan yang berlainan pada satu-satu masa; menghasilkan dua sambutan sistem yang berlainan pada julat pensampelan. Dengan memilih mana-mana masukan yang berkemungkinan kepada sistem dan dengan menyatakan sebarang andaian dengan jelas, dapatkan kedua-dua sambutan sistem yang berlainan tersebut.*

What is the pulse transfer function for the system if;

*Apakah fungsi pindah dedenyut bagi sistem tersebut jika;*

$$G_p(s) = \frac{e^{-0.7s}}{s + 0.2}$$

Verify your results.

*Tentukan keputusan anda.*

(100 marks/markah)

3. Consider the open-loop system as shown in Figure 3.  
*Pertimbangkan sistem gelung terbuka seperti di Rajah 3.*

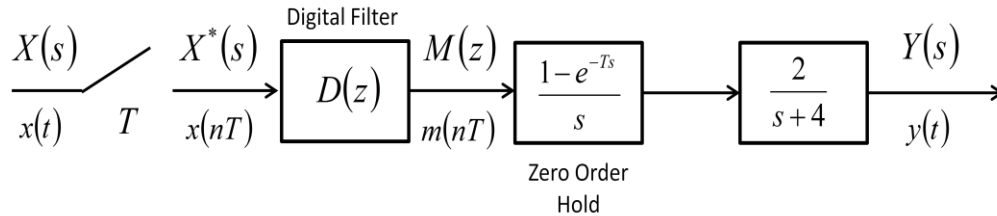


Figure 3 : Block diagram of an open-loop system  
*Rajah 3 : Blok rajah sebuah sistem gelung terbuka*

- (a) The digital filter is described by the difference equation  
*Penapis digit tersebut diperihalkan oleh persamaan*

$$m(nT) = 3x(nT) - x[(n-1)T]$$

where  $T > 0$  is the sampling time. Find the expression for  $D(z)$ .

*di mana  $T > 0$  adalah masa sampel. Carikan ekspresi untuk  $D(z)$ .*

(10 marks/markah)

- (b) Find the transfer function of this open-loop system in z-domain?

*Carikan rangkap pindah untuk sistem gelung terbuka tersebut dalam domain z.*

(20 marks/markah)

- (c) Is the open-loop system stable? Explain your answer.

*Adakah sistem gelung terbuka tersebut stabil? Terangkan jawapan anda.*

(10 marks/markah)

- (d) If the input  $X(s)$  is a unit step, find the expressions for  $Y(z)$  and  $y(nT)$ .  
*Jika masukan  $X(s)$  ialah langkah satu unit, carikan ekspresi untuk  $Y(z)$  dan  $y(nT)$ .*  
(50 marks/markah)

- (e) Based on  $y(nT)$  that you get from part (d), find the steady-state output, and verify with the dc gain of the system.

*Berdasarkan  $y(nT)$  yang anda perolehi dari bahagian (d), carikan keluaran keadaan mantap, dan buktikan jawapan anda dengan gandaan dc sistem tersebut.*

(10 marks/markah)

4.

Consider the temperature control system of Figure 4 above. For this system, let  $T = 0.6s$ , and the digital controller  $D(z)$  be a variable  $K$ .

*Pertimbangkan sistem kawalan suhu pada Rajah 4 di atas. Bagi sistem ini, biarkan  $T = 0.6s$ , dan pengawal digital  $D(z)$  adalah pembolehubah  $K$ .*

- (i) By using Bode diagram sketching technique, evaluate the stability of the system and determine its gain margin.

*Dengan menggunakan teknik lakaran rajah Bode, periksa kestabilan sistem dan tentukan jidar gandaan untuk sistem tersebut.*

(80 marks/markah)

- (ii) Determine the frequency at which the marginally stable system will oscillate.  
*Tentukan frekuensi ketika sistem berada pada kestabilan jidar dan akan berayun.*

(20 marks/markah)

5.

Rajah 5  
Figure 5

Consider the system of Figure 5 above. For this system, let  $T = 1\text{s}$ , and the digital controller  $D(z)$  be a variable  $K$ . Hence  $m(kT) = K e(kT)$ . Evaluate the digital controller for the above system to determine its stability by using any two stability test techniques. Compare your results.

...7/-

*Pertimbangkan sistem seperti Rajah 5 di atas. Untuk sistem tersebut, biarkan  $T = 1s$ , dan pengawal digit  $D(z)$  adalah pembolehubah  $K$ . Oleh yang demikian itu,  $m(kT) = Ke(kT)$ . Nilaikan pengawal sistem digit sistem di atas untuk menentukan kestabilan dengan menggunakan mana-mana dua teknik ujian kestabilan. Bandingkan keputusan anda.*

(100 marks/markah)

6. (a) Nyatakan syarat untuk kestabilan dalam sistem kawalan  
*State the condition for stability in control system.*

(10 marks/markah)

Figure 6  
*Rajah 6*

- (b) Consider the system of Figure 6 above.  
*Pertimbangkan sistem seperti Rajah 6 di atas.*

...8/-

- (i) For the case that  $D(z) = 1$ , calculate and plot the unit-step response at that sampling instants.

*Bagi kes  $D(z) = 1$ , kira dan plotkan sambutan unit langkah pada itu ketika pensampelan dibuat.*

(10 marks/markah)

- (ii) With the sampler, digital controller and data hold removed, calculate the system unit-step response of the analog system. Plot the response on the same graph with the result in part (i).

*Dengan pensampel, pengawal digital dan data pegang dikeluarkan, kirakan sistem unit-langkah tindak balas sistem analog. Plotkan sambutan pada graf yang sama dengan keputusan di bahagian (i).*

(10 marks/markah)

- (iii) Let  $D(z) = 1$ , and  $T = 0.4s$ . Calculate the unit-step response and plot these results on the previously used for parts (i) and (ii).

*Biarkan  $D(z) = 1$ , dan  $T = 0.4s$ . Kira sambutan unit langkah dan plot keputusan ini pada graf yang sama untuk bahagian (i) dan (ii).*

(10 marks/markah)

Suppose that an ideal time delay of 0.2s is added to the plant, such that the plant

transfer function is now given by  $G_p(s) = \frac{0.5e^{-0.2T}}{s + 0.5}$

*Andaikan bahawa kelewatan masa sesuai 0.2s ditambah kepada loji, fungsi pemindahan*

*tumbuhan kini diberikan oleh  $G_p(s) = \frac{0.5e^{-0.2T}}{s + 0.5}$*



- (iv) Find the time constant of the system if the time delay is omitted, and compare it with the time constant when the time delay is included.

*Cari pemalar masa sistem jika kelewatan masa tidak diambilkira, dan bandingkan dengan pemalar masa system tersebut sekiranya kelewatan masa diambilkira.*

(30 marks/markah)

- (v) Suppose that the time delay is now 1s, what is the effect on the speed of response of the closed-loop system of adding time delay to the plant?

*Katakan bahawa kelewatan masa kini adalah 1s, apakah kesan ke atas kelajuan tindak balas sistem gelung tertutup dengan menambah kelewatan masa terhadap loji tersebut?*

(30 marks/markah)